

УДК 574.6:543.9

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Д.В.Лозовой, А.Э.Балаян, М.Н.Саксонов, Д.И.Стом
Научно-исследовательский институт биологии при Иркутском
государственном университете
664003, Иркутск, Ленина, 3, а/я 24
lodi73@mail.ru

Поступила в редакцию 10 августа 2005 г.

Рассмотрен высокочувствительный биологический метод, позволяющий за короткий промежуток времени информировать о наличии в водной среде нефти и нефтепродуктов. Предложенный метод был апробирован в лабораторных условиях и на природном объекте, показал более высокую степень чувствительности к нефтепродуктам, чем общепризнанные биотесты.

Лозовой Дмитрий Викторович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Водной токсикологии» НИИ биологии при Иркутском государственном университете (ИГУ).

Область научных интересов: токсикология, промышленная экология, экологический мониторинг.

Балаян Алла Эдуардовна - кандидат биологических наук, в.н.с. лаборатории «Водной токсикологии» НИИ биологии при ИГУ.

Область научных интересов: токсикология, промышленная экология, экологический мониторинг.

Саксонов Михаил Наумович - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Водной токсикологии» НИИ биологии при ИГУ.

Область научных интересов: токсикология, промышленная экология, экологический мониторинг.

Стом Дэвард Иосифович - доктор биологических наук, профессор, заслуженный работник ВШ РФ, заведующий лабораторией «Водной токсикологии» НИИ биологии при ИГУ.

Область научных интересов: токсикология, промышленная экология, экологический мониторинг.

Введение

Своевременное получение информации о загрязнении окружающей среды является определяющим этапом экологических экспертиз, поскольку эти данные позволяют адекватно оценивать степень техногенной нагрузки на природные объекты и вероятность риска неблагоприятного воздействия ее на население [1]. Одной из самых важных задач изучения воздействия антропогенного фактора на деятельность водных экосистем является индикация загрязнения, в том числе и нефтяного.

В настоящее время оценка загрязнения водной среды нефтью и нефтепродуктами производится, преимущественно, на основе результатов экоаналитических анализов [2, 3]. Широко применяются методики, основанные на хроматографии (тонкослойная, газожидкостная, жидкостная и ионная хроматография), спектрометрии (нейтронно-активационный, рентгеноспектральный, атомно-абсорбционный и атомно-эмиссионный анализ, спектрофотометрический и флуориметрический методы, инфракрасная спектрометрия), электрохимических методах анализа (потенциометрия, полярографические и кулонометрические методы), находят применение гибридные методы и их комбинации [3-8]. Экоаналитические анализы позволяют измерить кон-

центрации нефтепродуктов в водной среде и сопоставить их с установленными нормативами предельно допустимых концентраций.

Вместе с тем, на сегодняшний день остро стоит необходимость определения в природных объектах микроконцентраций углеводородов [9]. Прежде всего, это связано с тем, что при наличии в водном объекте углеводородов нефти в концентрациях, не оказывающих видимого токсического эффекта, организм может жить длительное время, создавая впечатление полного биологического благополучия. Однако при хроническом воздействии токсикантов в малых концентрациях вид может вымирать на протяжении ряда поколений. Внесение токсикантов в водоем, пусть даже в концентрациях, не превышающих ПДК, может произвести сдвиг в соотношении между видами, приведет к изменению качественного состава сообщества, может произойти катастрофическое уменьшение численности промысловых объектов или ухудшение их качества. Принципиально важно, чтобы предел обнаружения загрязняющих веществ аналитическими методами был не ниже 0,5 ПДК. Нормативное «отсутствие компонента» еще не значит, что этого компонента нет в определяемой пробе, т.к. его концентрация может быть настолько мала, что его традиционными способами не удастся определить.

Аналитическая задача определения нефтепродуктов чрезвычайно сложна ввиду того, что объект анализа представляет собой многокомпонентную систему, составляющие которой обладают различными физическими и химическими свойствами. Наличие многочисленных форм миграции нефтепродуктов в водной среде, состав которых может существенно отличаться, требует комплексного подхода к их исследованиям.

Несмотря на наличие высокочувствительных и эффективных методик, аналитическая процедура определения данных токсикантов имеет и ряд ограничений. Во-первых, все этапы процедуры, от пробоотбора до идентификации и метрологической оценки результатов измерений, достаточно длительны, сложны и дорогостоящи, требуют наличия хорошо оснащенных химических лабораторий и современной аналитической аппаратуры [3, 5]. Возможности инструментальных методов зачастую полностью не реализуются из-за отсутствия однотипных методик экстракции нефтепродуктов из различных объектов, неполного их извлечения, дополнительного загрязнения или потерь углеводородных компонентов до

проведения самого анализа [3, 10-15]. Например, использование большого числа органических растворителей и схем экстракции нефтепродуктов из различных звеньев водной экосистемы вызывает вариации в их содержании и составе. Так, например, для извлечения нефтепродуктов из водной среды применяют экстракцию хлороформом, пентаном, гексаном, четыреххлористым углеродом, диэтиловым эфиром. Используют методы извлечения в непрерывном потоке жидкостного элюента или концентрирование на твердом сорбенте. Очевидно, что условия отбора, хранения, транспортировки, экстракции и концентрирования углеводородов во многом определяют дальнейшие результаты анализа и их пригодность для решения поставленных задач.

Во-вторых, надежная идентификация целевых компонентов в сложных смесях загрязнителей различной природы и токсичности возможна лишь при большой совокупности измерений или одновременном использовании трех-четырех независимых методов. Тщательный и корректный анализ нужен во всех тех случаях, когда сложившаяся ситуация может угрожать здоровью людей или нанести вред окружающей среде.

И, наконец, в последние годы все чаще возникают ситуации, связанные с необходимостью выполнения быстрого анализа сложных смесей химических соединений неизвестного или частично известного состава.

Суммируя вышесказанное, можно отметить, что традиционные химические и физические методы анализа при всей их высокой чувствительности и эффективности просто не в состоянии охватить функциональное разнообразие нефтепродуктов, обеспечить надежный контроль данных поллютантов на уровне предельно-допустимых концентраций и гарантировать экологическую надежность природоохранных мероприятий. Кроме того, вышеназванные методы не в состоянии дать информацию о биологической опасности нефтяного загрязнения.

Повышение эффективности охраны вод от загрязнения в значительной мере связано с применением качественно новых методов исследования, среди которых особое место занимают биотестирование и биоиндикация [16, 17]. Биологические методы, характеризующие качество природной среды, как среды обитания, уже зарекомендовали себя как достаточно информативные, позволяющие дать интегральную оценку влияния комплекса ингредиентов и факторов на организмы [18, 19]. Плодовитость и качество потомства являются самыми существенными показате-

телями биологического благополучия любого организма. Биотесты, в основу которых положены такие фундаментальные показатели, служат основой для разработки норм допустимого воздействия на водные экосистемы. Однако подобные методы малоэффективны для решения проблемы оперативного контроля за токсичностью сточных вод и качеством природных вод в связи с недостаточной экспрессностью, технической сложностью и трудоемкостью [20].

В этой связи, цель настоящей работы – предложить простой, информативный и высокочувствительный биологический экспресс-метод для обнаружения нефтепродуктов в водной среде.

Объекты и методы исследований

При постановке экспериментов нами было отмечено, что при наличии в водной среде малых концентраций нефтепродуктов рачки *Daphnia magna* (Straus) из отряда *Cladocera* (ветвистоусые ракообразные), всплывают на границу раздела жидкость-воздух. Принимая во внимание тот факт, что поведенческие реакции гидробионтов могут служить четким показателем действия сублетальных концентраций токсикантов и представляют собой первые, наиболее быстрые реакции на изменение водной среды [21-23], нами была рассмотрена возможность использования данной тест-реакции в качестве экспресс-метода для ранней диагностики нефтепродуктов в водной среде.

Исследования проводили на лабораторной культуре ветвистоусых рачков *Daphnia magna* (Straus). Содержание, культивирование и процедуру биотестирования в лабораторных условиях осуществляли согласно рекомендуемым и общепринятым методикам [16, 24]. Для более четкой регистрации эффектов, в опыты брали взрослых (12-14 суток) особей, имеющих достаточно крупные размеры.

В качестве модельных токсикантов брали авиационный бензин Б-95/130, автомобильный бензин 95, дизельное топливо (летний сорт), топочный мазут М-100. Также ставили опыты с ароматическими (бензол, пара-ксилол, псевдокумол, тетралин) и парафиновыми (пентан, октан, додекан, гексадекан) углеводородами. Эмульсии нефти и нефтепродуктов готовили в соответствии с [25]. Действие эмульсий на *Cladocera* в острых опытах (24 часа) исследовали в диапазоне концентраций 10^{-10} мл/л.

В экспериментах определяли концентрации, вызывающие 50 % изменение тест-показателя: выживаемость, всплытие в поверхностный слой, изменение сердечного и дыхательного ритмов. Каждую концентрацию анализируемых веществ изучали в 6 повторностях. В качестве контроля брали культивационную воду.

Гибель отмечали по наступлению неподвижности: у рачков отсутствуют плавательные движения, не возобновляющиеся при легком прикосновении струей воды или покачиванием опытного стакана. Эффект поведенческой реакции регистрировали при соблюдении следующих условий: рачки всплывают в поверхностный слой опытных сред и находятся там на протяжении всего эксперимента, при легком прикосновении струей воды или покачиванием стакана не опускаются в толщу инкубационных сред. Регистрацию изменения сердечного и дыхательного ритмов проводили в соответствии с [26].

Для получения точного значения 50 %-ых концентраций использовали графический метод определения [16, 24]. Полученные результаты обработаны статистически [16, 24], при вероятности безошибочного прогноза $P \geq 0,95$.

Результаты и их обсуждение

Анализируя представленные в табл. 1-3 материалы, отметим следующие моменты.

Таблица 1
Сравнение чувствительности некоторых тест-функций *Daphnia magna* при действии нефтепродуктов при 24-х часовой экспозиции

Нефтепродукты	Минимальные концентрации (мл/л) вызывающие изменение тест - функций в 2 раза			
	гибель 50 % рачков	всплытие в поверхностный слой 50 % рачков	изменение на 50 % частоты	
			сердцебиения	дыхания
Авиабензин Б-95/130	$5,52 \pm 0,96$	$(3,45 \pm 0,55) \cdot 10^{-2}$	$2,85 \pm 0,54$	$1,13 \pm 0,22$
Автомобильный бензин 95	$3,24 \pm 0,55$	$(3,64 \pm 0,87) \cdot 10^{-4}$	$1,17 \pm 0,21$	$(7,62 \pm 1,52) \cdot 10^{-1}$
Дизельное топливо (летнее)	$1,13 \pm 0,21$	$(2,18 \pm 0,31) \cdot 10^{-8}$	$(4,85 \pm 0,92) \cdot 10^{-3}$	$(8,19 \pm 1,47) \cdot 10^{-4}$
Топочный мазут М-100	$(2,46 \pm 0,43) \cdot 10^{-1}$	$(3,22 \pm 0,59) \cdot 10^{-9}$	$(8,53 \pm 1,62) \cdot 10^{-4}$	$(6,37 \pm 1,14) \cdot 10^{-5}$

Таблица 2

Сравнение чувствительности некоторых тест-функций *Daphnia magna* при действии ароматических углеводородов при 24-х часовой экспозиции

Ароматические углеводороды	Температура кипения, °С	Минимальные концентрации (мл/л) вызывающие изменение тест - функций в 2 раза			
		гибель 50 % рачков	всплытие в поверхностный слой 50 % рачков	изменение на 50 % частоты	
				сердцебиения	дыхания
Бензол	80	$5,71 \pm 1,13$	$(3,16 \pm 0,63) \cdot 10^{-2}$	$2,34 \pm 0,42$	$1,12 \pm 0,21$
Пара-ксилол	138	$3,55 \pm 0,72$	$(5,32 \pm 1,14) \cdot 10^{-4}$	$1,17 \pm 0,19$	$(6,87 \pm 1,32) \cdot 10^{-1}$
Псевдокумол	169	$2,19 \pm 0,32$	$(5,59 \pm 1,18) \cdot 10^{-5}$	$(6,72 \pm 1,27) \cdot 10^{-1}$	$(4,32 \pm 0,82) \cdot 10^{-2}$
Тетралин	207	$2,75 \pm 0,47$	$(8,41 \pm 1,83) \cdot 10^{-6}$	$(4,56 \pm 0,82) \cdot 10^{-2}$	$(7,87 \pm 1,41) \cdot 10^{-3}$

Таблица 3

Сравнение чувствительности некоторых тест-функций *Daphnia magna* при действии алифатических углеводородов при 24-х часовой экспозиции

Алифатические углеводороды	Температура кипения, °С	Минимальные концентрации (мл/л) вызывающие изменение тест - функций в 2 раза			
		гибель 50 % рачков	всплытие в поверхностный слой 50 % рачков	изменение на 50 % частоты	
				сердцебиения	дыхания
Пентан	36	$5,53 \pm 1,23$	$(3,34 \pm 0,67) \cdot 10^{-2}$	$2,67 \pm 0,48$	$1,24 \pm 0,23$
Октан	125	$4,24 \pm 0,81$	$(4,27 \pm 0,73) \cdot 10^{-4}$	$1,16 \pm 0,22$	$(5,87 \pm 1,17) \cdot 10^{-1}$
Додекан	213	$3,63 \pm 0,82$	$(4,25 \pm 0,83) \cdot 10^{-7}$	$(6,37 \pm 1,26) \cdot 10^{-1}$	$(4,65 \pm 0,93) \cdot 10^{-2}$
Гексадекан	287	$1,56 \pm 0,43$	$(7,26 \pm 1,42) \cdot 10^{-8}$	$(4,83 \pm 0,96) \cdot 10^{-3}$	$(7,61 \pm 1,29) \cdot 10^{-4}$

Изменение сердечного и дыхательного ритмов у дафний является наиболее ранней и чувствительной реакцией их организма на действие неблагоприятных факторов водной среды [26, 27]. При этом, как показали наши опыты, разница между минимальными концентрациями, вызывающими 50 % изменение частоты дыхания и сердцебиения, в большинстве случаев была статистически недостоверна. Нельзя однозначно говорить о более высокой чувствительности какой-либо из названных тест-функций к исследуемым нефтепродуктам, ароматическим и парафиновым углеводородам.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что биотесты, основанные на регистрации изменения сердцебиения и дыхания, оказались более чувствительны к исследуемым токсикантам, чем метод биотестирования, основанный на выживаемости рачков. Особенно четко это прослеживается в опытах с дизельным топливом и мазутом. Необходимо отметить, что разработанные методики регистрации сердцебиения и дыхания водных организмов позволяют с высокой точностью обнаруживать примеси токсических веществ в анализируемой пробе, но имеют низкую оперативность и довольно трудоемки, требуют наличия специальной аппаратуры, или, в крайнем случае, микроскопа и лабораторного счетчика [26-29].

Токсический эффект как товарных нефтепродуктов, так и нефтяных углеводородов для ветвистоусых рачков возрастал по мере увеличения их температур кипения. На основе полученных нами данных исследованные токсиканты можно расположить в следующие ряды убывания по степени токсичности для *Cladocera*. Для нефтепродуктов: мазут > авиабензин. Для ароматических углеводородов: тетралин > бензол. Для парафиновых углеводородов: октадекан > пентан. Таким образом, более токсичными для зоопланктона оказались высокомолекулярные фракции нефти (мазут), менее токсичными низкомолекулярные (бензиновые) фракции.

Как известно, в общем случае растворимость углеводородов увеличивается в ряду: парафиновые – нафтеновые – ароматические и убывает с ростом их молекулярной массы: бензин – дизельное топливо – мазут. Мазут малолетуч, состоит из малорастворимых в воде фракций, содержание же растворимых фракций в нем незначительно, а в бензинах оно максимально. Физико-химические особенности нефтепродуктов и полученные результаты токсикологических опытов позволяют предположить, что токсическое действие на ветвистоусых рачков в острых опытах оказывают именно высокомолекулярные малорастворимые в воде углеводороды.

Исследуемая реакция, основанная на регистрации всплытия рачков в поверхностный слой,

оказалась более чувствительной к исследуемым токсикантам, чем названные биотесты. Представленные в таблицах материалы показывают, что разница между минимальными концентрациями, вызывающими 50 % всплытие дафний в поверхностный слой инкубационных сред, и минимальными концентрациями, вызывающими 50 % гибель рачков за тот же промежуток времени (24 часа), составляла несколько порядков. Необходимо отметить, что под воздействием концентраций, вызывающих гибель тест-объектов, рачки опускались на дно опытного сосуда и погибали. Предварительного всплытия дафний в поверхностный слой при этом не наблюдалось. Напротив, в концентрациях, вызывающих реакцию всплытия, дафнии поднимались в поверхностный слой и оставались там вплоть до момента своей гибели, время которой зависело от качественного и количественного состава токсиканта. Данное наблюдение важно при визуальной оценке за реакциями тест-объектов в течение экспозиции. В этом случае подобный эффект позволяет провести четкую границу между концентрациями, вызывающими гибель дафний, и концентрациями, вызывающими всплытие рачков в поверхностный слой.

В комплексе с другими биологическими и химическими методиками представленный в данной работе метод был использован при оценке качества природных сред на Ковыктинском газоконденсатном месторождении Иркутской области [30]. Не останавливаясь подробно на полученных результатах, которые изложены в [30], отметим лишь интересующие нас моменты.

При химическом исследовании анализируемых проб (вода и водные вытяжки почвы), было зафиксировано наличие в них нефтепродуктов. Токсикологический анализ показал, что все исследуемые пробы не оказывали токсического воздействия на растительные и животные тест-объекты, в том числе не вызывали гибель дафний при суточной экспозиции. Вместе с тем во всех пробах наблюдали всплытие рачков в поверхностный слой, что лишний раз подтверждало данные химических анализов, т.е. наличие в пробах нефтепродуктов.

Водные вытяжки бурового шлама отличались высокой токсичностью для опытных организмов, в том числе вызывали гибель дафний при суточной экспозиции. При этом в данных пробах не наблюдали всплытия дафний в поверхностный слой. Как показали данные химических анализов, в пробах нефтепродукты отсутствовали. Результаты анализа засоления бурового шлама по-

казали, что концентрация солей в шламе очень высокая. Очевидно, что токсичность опытных проб обусловлена именно высокими концентрациями NaCl.

Таким образом, рассматриваемый в данной работе биологический метод был апробирован как в лабораторных условиях, так и на реальном природном объекте.

Подводя итог вышесказанному, отметим, что использованные в работе известные биологические методы, основанные на выживаемости, изменении сердечного и дыхательного ритмов, характеризовались высокой степенью чувствительности к нефтепродуктам и индивидуальным углеводородам, вне зависимости от их химического строения. Исследуемая реакция, основанная на регистрации всплытия рачков в поверхностный слой, оказалась более чувствительной к исследуемым токсикантам, чем названные биотесты; техника постановки опытов проста и доступна для широкого применения.

Методика исследования поведения животных широко используется в работе гигиенистов и промышленных токсикологов. Являясь высокочувствительным приемом изучения изменений в поведении, этот метод позволяет выявлять ранние стадии токсикозов, что способствует эффективному применению профилактических и терапевтических мероприятий. В данном случае необходим правильный выбор тест-функций, позволяющих оперативно получить информацию о начальных сдвигах в процессах жизнедеятельности биообъектов под влиянием сублетальных концентраций загрязнителей. Определение биологических критериев, указывающих на развитие в организме начальных предпатологических процессов, вызываемых минимальными концентрациями токсических веществ, является приоритетным направлением современной экологии.

Методику можно использовать для целей оперативного биологического контроля, гидроэкологической экспертизы, при плановом контроле промышленных и бытовых сточных вод, для регистрации их залповых сбросов, при предварительной ориентировочной оценки качества природных вод на наличие нефти и нефтепродуктов.

Общее требование экологического мониторинга - его эффективность, под которой понимается получение достоверной информации при наименьших затратах. Результаты биологических анализов оперативно сигнализируют об опасном воздействии химического загрязнения на жизнедеятельность организмов, причем не по отдельным компонентам, а по их смесям, часто

неизвестной природы и не выявляемых другими методами исследований. Таким образом, они дают нам возможность получения наиболее полной информации при минимальных затратах на выполнение контрольных операций, поскольку определение полного перечня присутствующих веществ в сточных и большинстве природных вод современными аналитическими методами является чрезвычайно дорогостоящей процедурой.

Разумеется, такой подход должен лишь пред-

варять, а не исключать последующее использование признанных аналитических методов, особенно в тех случаях, когда результаты биотестирования и биоиндикации оправдывают необходимость подключения сложных аналитических процедур. Комплексный подход позволяет получить максимально полную информацию об уровнях загрязнений объектов окружающей среды.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 05-04-97237).

ЛИТЕРАТУРА

1. Крылов А.И. Определение приоритетных органических токсикантов при санитарно-химической и экологической экспертизах: методологические подходы и методическое обеспечение // Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. 2004. Т. XLVIII, № 2. С. 34-43.
2. Другов Ю.С. Мониторинг органических загрязнений природной среды / Ю.С. Другов, А.А. Родин. Санкт-Петербург: Наука, 2004. 808 с.
3. Немировская И.А. Углеводороды в океане. М.: Научный Мир, 2004. 328 с.
4. Немировская И.А. Идентификация нефтяных углеводородов в морской среде при использовании различных методов анализа / И.А. Немировская, В.В. Аникиев, Н. Теобальд и др. // Ж. аналитической химии. 1997. Т. 52, № 4. С. 392-396.
5. Другов Ю.С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. Практическое руководство / Ю.С. Другов, А.А. Родин. Санкт-Петербург: Анатолия, 2000. 250 с.
6. Бродский Е.С. Идентификация нефтепродуктов в объектах окружающей среды с помощью газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии / Е.С. Бродский, И.М. Лукашенко, Г.А. Калинин // Ж. аналитической химии. 2002. Т. 57, № 6. С. 592-596.
7. Шагидуллин Р.Р. Комбинированный ИК-, УФ-спектральный метод определения нефтезагрязнений вод / Р.Р. Шагидуллин, А.В. Чернова, Г.М. Дорошкина и др. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2002. Т. 68, № 12. С. 17-21.
8. Бегак О.Ю. Идентификация источников нефтяных загрязнений комплексом современных инструментальных методов анализа / О.Ю. Бегак, А.М. Сыроежко // Ж. прикладной химии. 2001. Т. 74, № 5. С. 762-766.
9. Лозовой Д.В. Влияние эмульгированных нефтепродуктов на разновозрастных *Cladocera* / Д.В. Лозовой, М.Н. Саксонов, А.Э. Балаян и др. // Сибирский экологический журнал. 2006. № 5. С. 619-622.
10. Бродский Е.С. Определение нефтепродуктов в объектах окружающей среды / Е.С. Бродский, С.А. Савчук // Ж. аналитической химии. 1998. Т. 53, № 12. С. 1238-1251.
11. Бродский Е.С. Системный подход к идентификации органических соединений в сложных смесях загрязнителей окружающей среды // Ж. аналитической химии. 2002. Т. 57, № 6. С. 585-591.
12. Бикбулатов Э.С. Методологические и методические проблемы оценки нефтяного загрязнения в природных водах / Э.С. Бикбулатов, Ю.В. Ершов, Е.М. Бикбулатова и др. // Эколого-географические проблемы природопользования нефтегазовых регионов: Теория, методы, практика / Под ред. Ф.Н. Рянского, С.Н. Соколова. Нижневартовск, 2003. С. 108-121.
13. Петров С.И. Определение нефтепродуктов в объектах окружающей среды / С.И. Петров, Т.Н. Тюлягина, П.А. Василенко // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1999. Т. 65, № 9. С. 3-19.
14. Бродский Е.С. Оценка правильности определения нефтепродуктов в воде и почве флуориметрическим методом / Е.С. Бродский, Г.А. Калинин, А.И. Гончаров и др. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2002. Т. 68, № 10. С. 66-68.
15. Бродский Е.С. Особенности определения сложных органических компонентов // Ж. аналитической химии. 2003. Т. 58, № 4. С. 348-349.
16. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. М.: Международный Дом Сотрудничества, 1997. 117 с.
17. Тулупов П.Е. Отклик биотестов как новый объективный экологический показатель качества и состояния загрязнения объектов окружающей природной среды / П.Е. Тулупов, С.П. Никонова, А.П. Тулупов // ДАН. 2003. Т. 393, № 3. С. 427-429.
18. Туманов А.А. Биологические методы анализа: состояние и перспективы / А.А. Туманов, П.А. Крестьянинов // Ж. аналитической химии. 2002. Т. 57, № 5. С. 454-470.
19. Моисеенко Т.И. Экоотоксикологический подход к оценке качества вод // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 2. С. 184-195.
20. Лозовой Д.В. Биологические методы контроля в

- комплексной оценке загрязнения водных объектов нефтью и нефтепродуктами / Д.В.Лозовой, О.А.Бархатова // Вестник ИРО АН ВШ. 2006. № 3. С. 42-50.
21. Тушмалова Н.А., Поведение донервных организмов – индикатор эффекта сверхмалых доз / Н.А.Тушмалова, Е.Б.Бурлакова, Н.Е.Лебедева и др. // Вестник МГУ. Сер. 16. Биология. 1998. № 4. С. 24-25.
22. Лапкина Л.Н. Экспресс-обнаружение в воде веществ, обладающих раздражающими свойствами / Л.Н.Лапкина, Б.А.Флеров // Токсикологический вестник. 2001. № 3. С. 16-21.
23. Саксонов М.Н. Гидробионты как индикаторы нефтяного загрязнения / М.Н.Саксонов, А.Э.Балаян, О.А.Бархатова и др. // Экосистемы и природные ресурсы горных стран / Под ред. А.И.Смирнова, Л.Р.Измestьевой. Новосибирск: Наука, 2004. С. 315-319.
24. Методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости дафний. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.5-2000. М.: АКВАРОС, 2000. 35 с.
25. Руднева И.И. Ответные реакции молоди черноморской кефали на загрязнение мазутом / И.И.Руднева, Т.Л.Чесалина, Н.С.Кузьмина // Экология. 2000. № 4. С. 304-306.
26. Колупаев Б.И. Метод биотестирования по изменению дыхания и сердечной деятельности у дафний // Методы биотестирования вод / Под ред. А.Н.Крайнюковой. Черноголовка, 1988. С. 103-104.
27. Колупаев Б.И. Дыхание гидробионтов в норме и патологии. Казань: КГУ, 1989. 189 с.
28. Коцарь Н.И. Определение токсичности природных и сточных вод по изменению газообмена у гидробионтов / Н.И.Коцарь, В.Ф.Коваленко // Гидробиол. журнал. 1989. Т. 25, № 4. С. 86-91.
29. Колупаев Б.И. Нормальные параметры функционирования системы обеспечения кислородного режима у дафний // Биология внутренних вод. 1989. № 81. С. 50-51.
30. Концепция производственного экологического мониторинга Ковыктинского газового комплекса / Под ред. А.Д.Абалакова Иркутск: ИГУ, 2006. 262 с.

* * * * *

EXPRESS METHOD OF DETERMINATION OF OIL PRODUCTS IN AQUEOUS MEDIUMS

D.V.Lofovoy, A.E.Balayan, M.N.Saxonov, D.I.Stom

High-sensitive biological method allowing giving information on presence of oil and oiling products in aqueous medium for short time with high variability rate is considered in this work. Suggested method have been aprobated in laboratory conditions and on real nature object and showed higher level of sensitivity to oil products than widespread biotests
